

## Improvements in progressive lenses

**Patent number:** ES2013548  
**Publication date:** 1990-05-01  
**Inventor:** TUSELL PUIGBERT NARCISO [ES]  
**Applicant:** INDO INTERNACIONAL S A [ES]  
**Classification:**  
- international: G02B3/10  
- european: G02C7/02P; G02C7/06  
**Application number:** ES19890002041 19890612  
**Priority number(s):** ES19890002041 19890612

### Abstract of ES2013548

These improvements in progressive lenses consist in setting out on the surface of the lens to be optimised a mesh of triangles, preferably equilateral, which homogeneously cover the space whose domain it is intended to design in the lens, which surface is described as a summation  $Z(x,y) = [\epsilon] [\alpha]_i * Z_i$  where  $[\alpha]_i = [\beta]_i / [\epsilon] [\beta]_1$ , where  $[\beta]_i$  is the inverse of the products of the distances of the point with coordinates  $x$  and  $y$  to the vertices of the triangle in which it is located, and  $Z_i$  the corresponding height to the plane which defines the triangle within which the point referred to lies. It is specially applicable to ophthalmic lenses in which the principal meridian describes a curve which faithfully follows the trajectory of convergence of the eyes on going from distance to near vision.

---

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide



REGISTRO DE LA  
PROPIEDAD INDUSTRIAL

ESPAÑA

⑪ N.º de publicación: ES 2 013 548

⑫ Número de solicitud: 8902041

⑬ Int. Cl.º: G02B 3/10

⑭

PATENTE DE INVENCION

A6

⑮ Fecha de presentación: 12.06.89

⑯ Fecha de anuncio de la concesión: 01.05.90

⑰ Fecha de publicación del folleto de patente:  
01.05.90

⑱ Titular/es: Indo Internacionak S.A.  
Sta. Eulalia 181  
L'hospitalet de Llobregat, Barcelona, ES

⑲ Inventor/es: Tusell Puigbert, Narciso

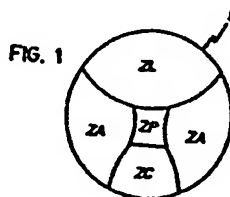
⑳ Agente: Curell Suñol, Marcelino

㉑ Título: Perfeccionamientos en lentes progresivas.

㉒ Resumen

Estos perfeccionamientos en las lentes progresivas consisten en disponer en la superficie de la lente a optimizar una malla de triángulos, preferentemente equiláteros, que cubren homogéneamente el espacio cuyo dominio se pretende diseñar de la lente, la cual superficie se describe como un sumatorio  $Z(x,y) = \epsilon \alpha_i + Z_i$  donde  $\alpha_i = \beta_i / \epsilon \beta_1$ , siendo  $\beta_i$  el inverso de los productos de las distancias del punto de coordenadas  $x$  e  $y$  a los vértices del triángulo en que está inscrito, y  $Z_i$  la altura correspondiente al plano que define el triángulo al que es interior el mencionado punto.

Es de especial aplicación a lentes oftálmicas en las que el meridiano principal describe una curva que sigue fielmente la trayectoria de convergencia de los ojos al pasar de visión lejana a próxima.



## DESCRIPCION

La presente invención se refiere a unos perfeccionamientos en las lentes progresivas, al objeto de eliminar los principales inconvenientes que se manifiestan ordinariamente en las mismas, concretamente el astigmatismo y la pérdida de ortoscopia.

Este tipo de lentes, que sustituye las bifocales y trifocales, presenta en una de sus superficies una línea imaginaria o meridiano principal cuya geometría varía continuamente, siguiendo la línea de convergencia de la mirada, con el fin de que cada punto se ajuste a la distancia del lugar al que se está mirando, por lo que los radios de curvatura de la superficie en cada punto se han de calcular de forma que se obtenga la potencia óptica para el tipo de visión, sea lejana, intermedia o cercana.

En las lentes progresivas se distinguen una zona superior para visión lejana, una zona intermedia donde se da la progresión uniforme de la curvatura, una zona inferior para visión cercana en la que se obtiene la adición requerida en cada caso, y dos zonas periféricas laterales en las que se manifiesta la imposibilidad matemática, mantener bajo el astigmatismo y las aberraciones, provocando un cambio progresivo de curvatura en el meridiano principal.

En consecuencia, en las lentes progresivas se producen ciertas aberraciones en las zonas periféricas laterales consistentes en astigmatismos causantes de borrosidades, y pérdida de ortoscopia que se traduce en forma de ondulaciones del entorno al mover la cabeza. La única menra de aminorar tales aberraciones es la de distribuirse lo más uniformemente posible a través del área más extensa posible, si bien ello representa un difícil equilibrio en la distribución de dos aberraciones que afectan a situaciones visuales complementarias, o sea la visión foveal y la extrafoveal.

Para el diseño de una superficie progresiva se necesita disponer de una formulación matemática adecuada para una o ambas superficies, para lo cual hasta la actualidad se han ensayado distintas formulaciones. Una superficie se puede calcular mediante una formulación que depende de varios parámetros variables en función de los valores de la anchura de la zona intermedia, forma de la zona de lejos, etc. Cuantos menos parámetros se dispongan, más rígida será la superficie, por lo que se hace necesario disponer de una superficie con el máximo número de grados de libertad. Una vez se fija una formulación, es necesario conocer los valores exactos de todos los parámetros que conformarán esta formulación matemática para una superficie concreta que cumplirá las especificaciones deseadas. El proceso para evaluar los parámetros concretos de la superficie progresiva adecuada, constituye la optimización según un proceso a partir de una superficie inicial en la que se va progresando el cálculo hacia la superficie especificada por los pertinentes requerimientos.

De acuerdo con las anteriores premisas, la presente invención se caracteriza porque en la superficie a optimizar en una lente se dispone geoméricamente una malla de triángulos, preferentemente equiláteros, que cubren homogéneamente el espacio cuyo dominio se pre-

tende diseñar de dicha lente, la cual superficie se describe como un sumatorio  $z(x,y) = c_0 + \sum Z_i$  donde  $c_0 = \beta_0/\epsilon\beta_0$  siendo  $\beta_0$  el inverso de los productos de las distancias del punto de coordenadas  $x$  e  $y$  a los vértices del triángulo en el que está inscrito, y  $Z_{(i)}$  la altura correspondiente al plano que define el triángulo al que es interior del mencionado punto.

Según la invención, el meridiano principal describe una curva que sigue fielmente la trayectoria de convergencia de los ojos al pasar de la visión de lejos a la visión de cerca.

Según la invención, las zonas de lejos y de cerca se aproximan a la forma de una esfera, en el sentido de que su astigmatismo está por debajo del umbral de percepción del ojo humano y, más concretamente, no supera las 0,15 dioptrías.

Según la invención, la amplitud de la zona de lejos, entendida como zona por debajo de 0,15 dioptrías, viene delimitada por un triángulo, uno de cuyos vértices coincide con el punto de referencia de lejos, y los otros dos están situados de manera que la bisectriz del ángulo en el punto de referencia coincide con el meridiano principal y subtiende entre 80 y 110 grados.

Seguidamente se exponen y describen unos dibujos explicativos del fundamento de las lentes progresivas:

Figura 1, representa la distribución en zonas para una lente progresiva.

Figura 2, representa la convergencia de los ojos producida en el empleo de lentes simétricas.

Figura 3, representa las zonas correspondientes de la retina que reciben luz de zonas diferentes para cada una de las dos lentes.

Figura 4, muestra tres formas distintas de progresiones para lentes.

En la figura 1, de acuerdo con lo antedicho, se muestran las diversas zonas de una lente progresiva, las cuales consisten en una zona para visión de lejos ZL que abarca la parte superior y en la que se pretende una visión de lejos nítida lo más amplia posible, una zona intermedia de pasillo ZP donde se produce la progresión uniforme de la curvatura de la lente, una zona para visión de cerca ZC que se desea también lo más nítida y amplia posible, y dos zonas periféricas ZA, delimitadas por las tres anteriores y en las que resulta la imposibilidad matemática de obtener una curvatura progresiva en el meridiano principal, manteniendo la umbilicalidad en todo el resto de la lente.

En cuanto a la dirección y forma del meridiano principal las lentes se dividen en simétricas y disimétricas, en que para las primeras dicho meridiano constituye una línea recta que discurre de arriba hacia abajo de la lente y cuyos lados se extienden dos mitades imagen especular la una de la otra. Las segundas tienen la zona de lejos simétrica con el meridiano en el centro, pero al entrar en la zona ZP, ésta se incurva siguiendo la trayectoria de convergencia de los ojos, según se observa en la figura 2, bajando según una cota  $a$  de unos 10 mm, mientras que se mueve en dirección nasal en una cota  $b$  de unos 2mm. Esto implica que las lentes simétricas se han de girar entre 8 y 10 grados para que la parte ZP se alinee con la trayectoria de convergencia de los ojos.

La justificación de estas lentes está en su mayor simplicidad y en el hecho de que una sola lente sirve para ambos ojos. Las lentes disimétricas se han de diseñar independientemente para cada ojo, pero con ello se logran mejor las condiciones de la visión binocular y las zonas correspondientes de la retina que reciben la luz proveniente de zonas distintas de cada una de las dos lentes del portador, de acuerdo con la figura 3.

Otra cuestión de importancia para la progresión se refiere a la anchura de la zona ZP, o sea el espacio a ambos lados de la misma con visión nítida, de modo que aceptando como visión nítida aquella en la que el astigmatismo es inferior a 0,5 D, la anchura vendrá dada por la del área concomitante a dicha zona ZP de astigmatismo menor de 0,5 D.

Otro aspecto relevante lo constituye la forma de la progresión, la cual puede realizarse de muchas maneras entre el punto de referencia de lejos, que marca el inicio de la zona ZP, y el punto de referencia de cerca que determina su final, según la figura 4. Se puede hacer que la potencia varíe con la distancia al punto de referencia de lejos linealmente, o sea, la gráfica que en abscisas tuviera distancia D en mm y potencia P en ordenadas. Otro caso sería una progresión no lineal, sino en forma de S con las zonas de unión suavizadas entre zonas ZL y ZC, o cualquier otra forma cuyo efecto sobre la progresión y su anchura sea deseable, si bien es aconsejable una progresión en S homogénea para mantener un gradiente de potencia uniforme, garantizando así una anchura más o menos constante a lo largo de la zona ZP.

Una vez decididos los parámetros esenciales de la zona ZP, se han restringido en gran parte las posibilidades o sea que se sabe si la lente es simétrica o disimétrica, la anchura y longitud de la zona de pasillo ZP, etc. Pero queda una amplia superficie de la lente por definir, así que el tamaño y los límites de las zonas de lejos ZL y de cerca ZC, en conjunción con las características de la zona de pasillo ZP, limitan las zonas periféricas ZA de distribución de las aberraciones. Estos límites y las cotas máximas de aberración permisibles dentro de las áreas de visión nítida, constituyen otra de las especificaciones básicas que definen un progresivo. Una zona de cerca ZC ancha será adecuada a la visión estática, beneficiando a un cierto sector de usuarios, pero empeorando la visión dinámica. Unas zonas de visión nítida relativamente reducidas permitirán la extensión de las aberraciones por zonas más amplias disminuyendo así su concentración y favoreciendo la visión dinámica. Es aquí donde entra la optimización de la distribución de aberraciones.

Especial interés tiene la llamada función de mérito que se evalúa en cada iteración del proceso y queda una idea de lo lejos o cerca que está el sistema de cálculo de los requerimientos especificados para el diseño deseado. En ella se pueden incluir todo tipo de conceptos, desde los puramente geométricos de la lente, hasta los criterios financieros como el coste de la misma, etc., todo ello constituyendo un compromiso en el que cada sumando de la función tiene un factor de ponderación en razón de la importancia del concepto dentro del conjunto total de parámetros a

adecuar. Así, en unas zonas de la lente se puede primar la importancia de la visión foveal, mientras en otras no se dará tanto peso a este apartado y sí, en cambio, a otros. Tras el proceso de optimización se obtiene una serie de parámetros que hacen que la diferencia entre la función de mérito y los requerimientos de partida constituya un mínimo. Entonces se tiene la configuración de la superficie más próxima a la ideada. De ello la importancia de una formulación adecuada. Una superficie muy rígida en cuanto a grados de libertad hará que, a igualdad de diseño y requerimientos de partida, el mínimo obtenido está mucho más alejado de las especificaciones deseadas que en el caso de una superficie con muchos más grados de libertad, o sea mucho menos rígida. Por otra parte, la suavidad requerida en los cambios, relacionada con las derivadas de órdenes superiores de la superficie, es importante para permitir una distribución uniforme de las aberraciones en el espacio destinado a ello por el diseñador.

Hasta la actualidad se han dado distintas soluciones para la formulación matemática de la superficie progresiva las cuales se han basado en la utilización de superficies con pocos grados de libertad y la rigidez que ello implica hace que, aún siendo bien estudiadas las especificaciones, no sea posible en el proceso de determinación de los parámetros concretos de la superficie, alcanzar un mínimo tan profundo como en el caso de formulaciones más flexibles. No obstante, las formulaciones más flexibles implican un volumen mucho mayor de cálculo en razón a su mayor número de grados de libertad, que sólo recientemente, con el advenimiento de los ordenadores, se ha podido realizar.

Sin embargo, la actual tecnología informática y los avances en el desarrollo del procesamiento en paralelo permiten abordar el ingente volumen de cálculo que se deriva de la formulación matemática de superficies complejas con muchos grados de libertad.

La formulación debida a esta invención posee más de cien grados de libertad, el número de los cuales es elegible y está sólaamente limitado por el compromiso tiempo de cálculo/precisión de los resultados, consistiendo en disponer, en la superficie a optimizar, una malla geométrica de triángulos, preferentemente equiláteros por ser la mejor manera de simplificar los cálculos, que cubren homogéneamente el espacio en cuyo dominio se pretende diseñar la lente. La citada superficie se describe como un sumatorio  $z(x,y) = \epsilon \alpha_i \cdot z_i$  en que  $\alpha_i = \beta_i / \epsilon \beta_i$ , mientras que  $\beta_i$  son el inverso de los productos de las distancias del punto de coordenadas  $x$  e  $y$  a los vértices del triángulo en que está inscrito, y  $z_i$  es la altura correspondiente al plano que define el triángulo al que es interior el mencionado punto.

Este tipo de formulación ofrece una continuidad infinita en las derivadas, lo que implica una suavidad de transición de unos puntos a otros difícil de conseguir con otras formulaciones. Por otra parte, el reparto de las aberraciones por las zonas permitidas para ello se hace de una manera muy suave por la propia formulación matemática, que favorece este propósito de una manera natural.

La función de mérito consiste en una tabla de valores correspondientes a puntos seleccionados de los triángulos en que se ha dividido el espacio de optimización.

Cada uno de los citados valores tiene como componentes el astigmatismo máximo permitido en un punto, la potencia de la lente, la inclinación de los ejes de astigmatismo que serían deseables en dicho punto, el índice de borrosidad permitible y, opcionalmente, todos los factores que se pueden estimar convenientes en este punto concreto como pueden ser el espesor deseable de la lente en el punto considerado y la minimización de la cantidad de material a eliminar del moldeado a partir del que se hace la lente. Cada una de estas componentes viene afectada por un factor de ponderación que representa la importancia relativa al resto de la lente de esta componente en este punto. Ello quiere decir que si en un punto se desea un astigmatismo cero, pero es menos importante esta condición que en otro punto de la lente, se debe poner un factor de peso mayor a la característica deseada de este último punto que en el anterior.

El resultado de aplicar el método de optimización a este tipo de función de mérito con esta

superficie matemática produce una reproducción fiel de los requerimientos de la función de mérito, a la par que una distribución notablemente suave de los gradientes de aberraciones en las zonas donde estos aparecen inevitablemente. Con la misma función de mérito, este método obtiene superficies más fieles a la misma y más suaves en cuanto a distribución de aberraciones que, con los métodos existentes hasta la actualidad.

Resumiendo, las ventajas logradas por la invención son:

- a) lentes progresivas en cotas más bajas de astigmatismo y distribución más uniforme.
- b) suavidad de transición de una zona de la superficie a otra superior a las alcanzadas con otras formulaciones y planteamientos.
- c) tener en cuenta a la vez más componentes de los que se tenían en cuenta en todos los otros métodos explicitados en otras patentes que permiten optimizar una superficie, como son astigmatismo, potencia, espesores, ejes del astigmatismo e índice de borrosidad.

## REIVINDICACIONES

1. Perfeccionamientos en las lentes progresivas, caracterizados porque en la superficie a optimizar en una lente se dispone geométricamente una malla de triángulos, preferentemente equiláteros, que cubren homogéneamente el espacio cuyo dominio se pretende diseñar de la lente, la cual superficie se describe como un sumatorio  $z(x,y) = \epsilon \alpha_i + Z_i$  donde  $\alpha_i = \beta_i / \epsilon \beta_i$  siendo  $\beta_i$  el inverso de los productos de las distancias del punto de coordenadas  $x$  e  $y$  a los vértices del triángulo en el que está inscrito, y  $z_i$  la altura correspondiente al plano que define el triángulo al que es interior el mencionado punto.

2. Perfeccionamientos en las lentes progresivas, según la reivindicación 1, caracterizados porque el meridiano principal describe una curva que sigue fielmente la trayectoria de convergencia

de los ojos al pasar de visión de lejos a visión de cerca.

3. Perfeccionamientos en las lentes progresivas, según la reivindicación 1, caracterizados porque las zonas de lejos y de cerca se aproximan a la forma de una esfera, en el sentido de que su astigmatismo está por debajo del umbral de percepción del ojo humano y, más concretamente, no supera las 0,15 dioptrías.

4. Perfeccionamientos en las lentes progresivas, según las reivindicaciones 1 a 3, caracterizados porque la amplitud de la zona de lejos, entendida como por debajo de 0,15 dioptrías, viene delimitada por un triángulo, uno de cuyos vértices coincide con el punto de referencia de lejos, y los otros dos están situados de manera que la bisectriz del ángulo en el punto de referencia coincide con el meridiano principal y éste subtiende entre 80 y 110 grados.

FIG. 1

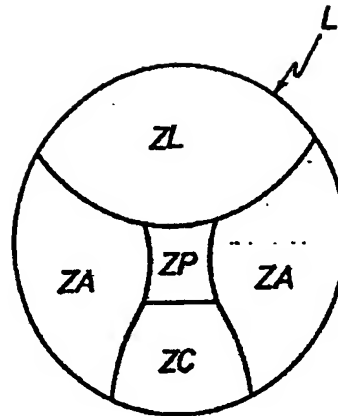


FIG. 2

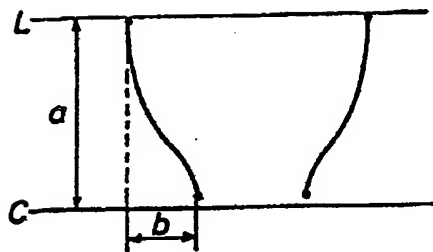


FIG. 3

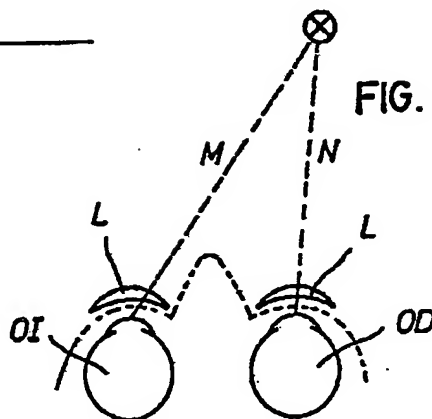


FIG. 4

